

Mathematisch model  
Noordzee  
Schelde-estuarium

Technical Report  
1977 Biol./ Synthese

Primaire produktie in de Zuidelijke  
baai van de Noordzee

A. BERTELS

J. NIJS

Lab. Ekologie en Systematiek, V.U.B.

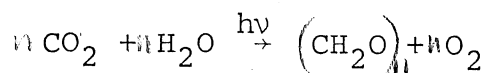
Inhoud :

1. Inleiding
  - Chlorophyl
2.  $^{14}\text{C}$ -methode
3. Praktische werkwijze
  - Bubblingsproblematiek : vergelijking bubbling met  $\text{HCl}$  en  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
bubbling in functie van de tijd  
back-ground bubbling
4. Doorzichtigheidsbepaling
5. Relatie fotosynthese - licht
6. Dagelijkse bruto primaire produktie van het fytoplankton
7. Produktiviteit
8. Invloed van aanrijking van nutriënten op de primaire produktie
9. Excretie problematiek

*hergebruik & functie van de opvoedingen*

1. Inleiding

De primaire produktie is de produktie van organisch materiaal afkomstig van anorganische componenten zoals  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  en een groot aantal van nutrienten o.a.  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{SiO}_2$  (voor diatomeeën), en zonlicht. Dit proces wordt fotosynthese genoemd, en komt neer op een reductie van  $\text{CO}_2$  :



Deze organische produktie  $dP/dt$  ( $P$  = produktie organisch materiaal in tijd  $dt$ ) kan onderzocht worden door metingen van :

1. de  $\text{CO}_2$ -opname
2. het verschil in biomassa op verschillende tijdstippen
3. de hoeveelheid van opgeloste  $\text{O}_2$  die geproduceerd werd
4. de hoeveelheid nutriënten die geconsumeerd werden.

De metingen van  $\text{CO}_2$ -opnamen hebben wij als routine methode gebruikt. Hiervoor werd de  $^{14}\text{C}$ -methode toegepast (Steele & Nelson, 1952).

Het principe van de  $^{14}\text{C}$ -technique is : Toevoeging van  $^{14}\text{CO}_2$  onder vorm van  $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$  aan het waterstaal, zodat gedurende de fotosynthese het fytoplankton de gemerkte moleculen incorporeerd in het organisch materiaal. Na het experiment wordt de radioactiviteit van het fytoplankton gemeten. Indien de totale concentratie  $\text{CO}_2$  in het onderzochte water gekend is, en indien de hoeveelheid  $^{14}\text{CO}_2$  die toegevoegd is gekend is, kan de primaire produktie berekend worden. Naast de primaire produktie metingen werden eveneens biomassa bepalingen uitgerekend.

2.  $^{14}\text{C}$  methode

De radioactiviteitsmeting van het fytoplankton gebeurt aan de hand van de "liquid scintillation counting" die gebaseerd is op het feit dat bepaalde organische oplossingen fluoresceren, wanneer zij bestookt worden met hoge energiestraling. In dit geval laat de emissie van  $\beta$ -partikels het gebruik van  $^{14}\text{C}$ -isotoop toe. Het radioactief gemerkte <sup>(hoeveel?)</sup>  $^{14}\text{C}$  wordt hiervoor opgelost in Luma-gel <sup>(hoeveel?)</sup> voor oplossingen en Luma-Solve <sup>(hoeveel?)</sup> + Luma-gel voor filters. Deze oplossingen bevatten een klein percentage van fluorescerende stof. De oplossingen bevinden zich in plastic

overbodig

potjes van 20 ml, en het uitgestraalde licht wordt gedetecteerd door een photomultiplier zodat een elektrische puls geproduceerd wordt.

- Standardisatie ampoule  $^{14}\text{C}$ , bestaat erin de radioactiviteit van een gemiddelde ampoule  $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$  te bepalen. Hiervoor neemt men 10 ampoulen die 10 ml  $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ -oplossing bevatten, hieruit neemt men 1 ml en verdunt tot 100 ml met steriel zeewater. Aan 1 ml van deze oplossing voegt men 10 ml luma gel toe, telling gebeurt in scintillatieteller (10' 0,5% fout).
- Een belangrijk probleem in verband met de liquid scintillation technique is de "efficiëntiebepaling" nl. de radioactieve atomen moeten goed gebonden zijn met de moleculen van de gebruikte oplossing, die als detector dienen en licht uitstralen door photomultiplier elektronische pulsen, wanneer zij energie van  $\beta$ -partikels absorberen. De efficiëntie van deze transformatie hangt o.a. af van de "quenching", dit is het interfereren met de lichtuitstraling van de photomultiplier, zodat een verlaging van de tellingsefficiëntie optreedt. De chemische, en kleur quenching kunnen door standardisatiemethode geëlimineerd worden.

overbodig

Hexadecane  
Toluene  $^{14}\text{C}$  wordt hiervoor gebruikt

### 3. Praktische werkwijze

- Ter plaatse werden telkens energiemetingen uitgevoerd op 0 m (aan de oppervlakte) en op -3 m diepte. Hiervoor werd een quantameter gebruikt. Dit laat toe de extinctie van de waterlaag waar het staal genomen werd te bepalen. Het zij echter opgemerkt dat het bij woelige zee zeer moeilijk is een juiste bepaling van het aantal  $\text{mW}/\text{cm}^2$  te maken. De schaduwvorming door het schip en de schuimbelletjes in het water zijn er de oorzaak van. Beter zij het in de toekomst eveneens gebruik te maken van de "Secchi disk" die toelaat bij goed en slecht weder een nauwkeurige graad van de waterdoorzichtigheid te meten.
- De waterstalen werden telkens op -3 m diepte genomen d.m.v. een nanssenfles, vervolgens werd 50 ml staal in BOD flessen geïncubeerd bij verschillende lichtintensiteiten nadat 1 ml  $10 \mu \text{ci NaH}^{14}\text{CO}_3$  aan het staal werd toegevoegd. De ver-

dief afkijken!  
"Secchi-schijf" is  
gebruikt zeer nauw-  
keurig. Lijkt de  
nanssenfles  
-3 en -6 meter  
gebruiken!

Hand-sonderwilt  
Kandray PVC Merkin-flessen

schillende lichtintensiteiten werden bekomen door de BOD flessen in gaazzakjes te steken met verschillende doorzichtigheid overeenkomstig de lichtintensiteit. De "in vitro" incubatie (de potentiële primaire produktie) werd uitgevoerd in een plastic bak die bovenaan voorzien is van 10 Philips TLF 20W/33 lampen, onderaan de bak werd water aan- en afgevoerd zodat de stalen op dezelfde temperatuur blijven tijdens de incubatie.

Opgemerkt zij dat de BOD flesjes op de bodem van de bak gelegd werden gedurende de incubatie.

Gedurende de kruisvaarten van 30-3-77 pt 35, 31-3-77 pt 31, 26-4-77 pt 34, 28-4-77 pt 35, 23-5-77 pt 35, werd de produktie zowel van het totaal fytoplankton en het nanoplankton  $< 25\mu$  bepaald. Het nanoplankton werd bekomen door filtratie waterstaal op een  $25\mu$  net (Technical report '73, Synthese 0.8, J.P. Mommaerts). Na een incubatie van 2h bij cte licht (= in vitro) werd 15 ml van het 50 ml staal gebubbeld met  $100\mu$ l HCl 0.5N gedurende 10 min. Er werd gebubbeld in glazen proefbuizen waardoor een luchtstroom doorstroomde. Deze procedure doet bijna alle anorganische  $^{14}\text{CO}_2$  verdwijnen die nog in oplossing waren. De stalen van november en december werden gebubbeld met  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -oplossing (0,1 ml 10%).

#### - Bubblingsproblematiek

a) Onze experimenten wezen uit dat de waarden van de stalen gebubbeld met  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1,6% hoger liggen dan met vluchtige HCl, hetgeen te verwaarlozen is. Men ging als volgt te werk:

8 stalen (50 ml Platymonaskultuur + 1 ml  $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$   $10\mu\text{Ci}$ ) werden geïncubeerd gedurende 2 uren in een incubator met kunstlicht. Na de incubatie werden uit elk staal 2 frakties genomen van 10 ml

a) 1 fraktie werd 15' gebubbeld met 0,1 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10%

b) 1 fraktie werd 15' gebubbeld met 0,5 ml HCl 0,5 %

Na het bubbelen werd van elke fraktie 5 ml genomen. Hieraan werd 5 ml Luma-gel toegevoegd en van dit mengsel werd de radioactiviteit gemeten in de scintillator (10' teller 1% fout).

*in 5 regeltjes  
symmetriseren*

Resultaten

	<u>HCl</u>	<u>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></u>
staal 1	26659 cpm	28266 cpm
2	26763	28169
3	30266	29982
4	29697	28854
5	25657	25131
6	23223	24847
7	25597	25410
8	24699	25263
<u>gemiddeld</u>	26570	26990

b) Bubbling in functie van de tijd

A. Met steriel zeewater : aan 100 ml steriel zeewater werd 2 ml  $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ -oplossing toegevoegd ( $2 \times 10 \mu\text{Ci} = 2 \times 17,1135 \times 10^6$  dpm). Na mengen voegt met 2,5 ml HCl 0,5N toe. Het geheel wordt gebubbeld. Op vooraf bepaalde tijden worden er frakties van 5 ml van het staal genomen. Hieraan voegt men 5 ml Luma gel toe. Van dit geheel wordt de radio-aktiviteit gemeten in de scintillator (10'teller - 1% fout).

Resultaten : oorspronkelijk bevat 5 ml staal

$$\frac{2 \times 17,1135 \times 10^6}{20} = 1.711\ 350 \text{ dpm}$$

Zie grafiek 1.

We kunnen dus besluiten dat na 8' zeker al de anorganische  $^{14}\text{CO}_2$  verwijderd was uit het staal. We moeten dus minimum 8' bubbelen.

B. Met een kultuur : We willen weten na hoeveel tijd de overmaat anorganische  $^{14}\text{CO}_2$  verwijderd wordt door bubbling van een incubatie en zien of er geen fotosynthese produkten die ontstaan zijn tijdens de incubatie, afgebroken worden door het toegevoegde zuur of door het bubbelen zelf.

300 ml *Platymonas*-kultuur werden geïncubeerd met  $100 \mu\text{Ci}$   $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ -oplossing gedurende 2 uur.

Na de incubatie werd de kultuur in twee delen verdeeld.

- 1) 150 ml werden gebubbeld (na toevoeging van 3,5 ml HCl 0,5N). Na bepaalde tijden werd er steeds een 5 ml fraktie genomen, gemengd met 5 ml Luma-gel en de radio-activiteit wordt gemeten in de scintillator (10'teller - 1% fout). Wanneer de tellingswaarden konstant blijven bekomen we alzo de totale primaire produktie.
- 2) de overige 150 ml werden afgefiltreerd onder laag vacuüm (50 mm Hg) over 0,6 $\mu$ . Aan het filtraat werd eveneens 3,5 ml HCl 0,5N toegevoegd en daarna gebubbeld. Op bepaalde tijden werd er 5 ml van het staal genomen. Deze frakties werden gemengd met 5 ml Luma-gel en de radio-activiteit werd gemeten in de scintillator (10'teller - 1% fout). Wanneer de tellingswaarden konstant blijven geeft ons dit de excretie. Zie grafiek 1.

We kunnen dus besluiten dat na 5-6 minuten al het overtollige  $^{14}\text{CO}_2$  verwijderd is en dat er na deze periode ook geen afbraak van radioactief organisch materiaal meer plaatsgrijpt.

#### C. Back-ground bubbling

doel : nagaan van organische radioactieve produkten in de  $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ -oplossing. Deze verontreinigingen kunnen niet verwijderd worden door bubbling en moeten dus afgetrokken worden van het gevonden resultaat.

werkwijze : aan 5 stalen van 50 ml steriel zeewater werd 1 ml  $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ -oplossing toegevoegd (10 $\mu$  Ci of  $17,1135 \times 10^6$  dpm) + 2,5 ml HCl 0,5N. Van elk staal werd 2x 10 ml frakties gebubbeld gedurende 15 minuten om al het gevormde  $\text{CO}_2$  te verwijderen. Daarna werd van elke gebubbelde fraktie 5 ml genomen. Hieraan werd 5 ml Luma-gel toegevoegd. De radio-activiteit werd in de scintillator gemeten (10'teller - 0,5% fout).

Resultaten :

staal 1	fraktie	A : 315
		B : 298
staal 2	fraktie	A : 350
		B : 336
staal 3	fraktie	A : 341
		B : 329

syntetiseren

staal 4 fraktie A : 297

B : 291

staal 5 fraktie A : 295

B : 303

Gemiddeld bleven er dus per fraktie 315 cpm over. De background van het steriele zeewater bedroeg 53 cpm.

De werkelijke gemiddelde radioactiviteit veroorzaakt door de organische onzuiverheden bedroeg dus  $315 \text{ cpm} - 53 \text{ cpm} = 262 \text{ cpm}$  of  $320 \text{ dpm}$ .

- Volgende *parameters werden gebruikt om* redenering laat toe het aantal cpm bekomen door de scintillator om te rekenen tot  $\text{mg C / m}^3/\text{h. nl}$  :

$$\frac{\text{anorganische koolstof geassimileerd}}{\text{totaal anorganische koolstof in het sampel}} =$$

$$\frac{\text{anorganische gemerkte C geass.}}{\text{totale anorg. gemerkte C toegevoegd aan het staal}}$$

$$^{12}\text{CO}_2 \text{ geassimileerd} = \frac{^{14}\text{CO}_2 \text{ opgenomen} \times ^{12}\text{CO}_2 \text{ in water}}{^{14}\text{CO}_2 \text{ toegevoegd aan het sampel}}$$

$$= \frac{\text{cpm} \times 25000 \times 1.06 \times 10^2}{17.1135 \times 10^6 \times 90 \times \text{tijd}}$$

$^{12}\text{CO}_2$  in water = voor een saliniteit van 35‰ een standaard waarde van  $90 \text{ mg CO}_2/\text{l}$  ( $25 \text{ mgC}/\text{l}$ ) is bruikbaar voor de totale  $\text{CO}_2$  concentratie

1.06 = faktor voor isotopeneffect tussen  $^{12}\text{C}$  en  $^{14}\text{C}$

90 = rendement voor partikulaire primaire produktie

82 = rendement voor totale primaire produktie

17.1135 : standardisatie van scintillator  
 $\times 10^6$

tijd : in uren

HIER EINDIGT DE § METHODE

HIER BEGINT

§ RESULTATEN

De produktie in  $\text{mg C/m}^3/\text{h}$  zijn weergegeven in grafieken 2 t.e.m. 9. Hieruit blijkt dat de produktie op pt 31 (2x) lager is dan deze op pt 35 van respectievelijk 31 en 30 maart. De hogere produktie op pt 35 is te verklaren door de toevoer van nutrienten afkomstig van het scheldewater, dat rijk voorzien

*misschien*

is aan nutriënten en afneemt in de richting van Calais. In april stijgt de primaire produktie met een faktor 4 op pt 35 en 34. Dit correspondeert waarschijnlijk met het einde van de "lentebloom". Het totaal en nanoplankton vertonen een gelijklopende produktie voor beide maanden. In mei is  $\frac{dP}{dt}$  <sup>de produktie</sup> zeer sterk gedaald tot  $\pm 5 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$ . De  $P_{\text{opt}}$  van het nanoplankton ligt hoger dan de fytoplankton <sup>van het nanoplankton</sup> soorten  $> 100\mu$ .

Uit vergelijkende laboratoriumexperimenten tussen totale (partikels + excretie) en particulaire primaire produktie (partikels op millipore filter  $0.6\mu$  poriënwijdte) blijkt dat er een underestimation is van de totale produktie. Dit moet echter nog verder worden bestudeerd.

Bij de volgende kruisvaarten werd de particulaire primaire produktie bepaald en de excretie. Hiervoor werden eveneens 50 ml staal gedurende vastgestelde tijden geïncubeerd na toevoeging van 1 ml  $10\mu \text{ ci NaH}^{14}\text{CO}_3$ . De 50 ml werden afgefiltreerd onder een lage druk van 50 mm Hg (om de fytoplanktoncellen niet tot barsten te brengen) op millipore filter  $0.6\mu$ . De filters werden ongedroogd in scintillatiepotjes ingevroren. In het labo werden ze ontdooid en behandeld met 1 ml Luma-solve, na 10' werden ze ontkleurd door toevoeging van 0.1 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$ , daarna werd 10 ml Luma-gel en 40  $\mu\text{l}$  ascorbinezuur 15% toegevoegd, na <sup>1 week</sup> werd de radio-aktiviteit gemeten in de scintillatieteller. Volgende kruisvaarten werden op deze manier verwerkt:

*Voor het § METHODE*

Resultaten:	26-7-77	Pt Calais	situ
	5-9-77	35	vitro
	7-9-77	34 en 35	vitro-vitro
	8-9-77	31	vitro
	20-9-77	33	semi-situ
	3-10-77	33	semi-situ
	5-10-77	31	semi-situ
	18-10-77	33	semi-situ
	19-10-77	Calais	semi-situ
	21-10-77	Hansweert	semi-situ
	23-11-77	13	vitro
	13-12-77	35	vitro
	15-12-77	32	vitro



Waar het mogelijk was werden semi-situ incubaties gedaan, deze incubatie bestaat uit een rechthoekige bak die op het dek van het schip geplaatst wordt zodat zonlicht rechtstreeks op de stalen kan invallen. Een continue waterstroom houdt de stalen op konstante temperatuur. Op 26-7-77 Calais werd een in situ proef uitgevoerd, dit wil zeggen dat water afkomstig van verschillende diepten overeen stemmend met de gewenste lichtintensiteiten in BOD van 50 ml op dezelfde diepte geïncubeerd werden. Dit heeft het voordeel dat de stalen op hun oorspronkelijke temperatuur en lichtintensiteit geïncubeerd worden. Een volledige situ incubatie is uitgevoerd op 26-7-77 (zie grafiek 3).

### Resultaat

De staalnamen van september vertonen een gradient in produktie gaande van punt 35 met een optimale produktie van  $0.61 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  voor totaal fytoplankton en  $0.45 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  voor nanoplankton, daar waar een  $P_{\text{opt}}$  stijging tot  $0.92 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$ , naar Calais toe daalt de produktie tot  $0.35 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  zodat wat de invloed van Atlantisch water duidelijk merkbaar is. In oktober waar al de incubaties in semi-situ uitgevoerd werden stellen we dezelfde gradient vast, nl. naar  $12.2 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  op Pt 33, naar  $9.2 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  op Pt 31 en gaande naar  $4 \text{ mg C/m}^3/\text{h}$  voor Calais, voor wat het totaal fytoplankton betreft in oktober. Uit onze waarnemingen valt een "herfstbloom" op te maken. Opgemerkt zij dat de produktiewaarden voor september zeer laag zijn, zodat de gradientstendens aan de nodige kritiek moet onderworpen worden.

### 4. Doorzichtigheidsbepaling

- Zoals voordien werd aangehaald is de doorzichtigheid van het water bepaald aan de hand van de quantameter ( $\text{mW/cm}^2$ ) op 0 m en -3 m. De extinctie coëfficiënt van de diepte  $\rightarrow$  volgen

Uit de Lambert-Beer wet, volgt:

aan toepassing van 1

$$I_D = I_0 \times e^{-n \times D}$$

$I_D$  : licht op diepte D

$I_0$  : licht aan de oppervlakte

overblijft

$e : 2,7183$

$\eta : \text{extinctie coëfficiënt}$

$D : \text{verschil in diepte tussen } I_0 \text{ en } I_D.$

$$\eta = \left( \frac{\ln I_0}{I_D} \right) / D$$

Voor de gemiddelde diepte van de eufotische zone zie later.

- De globale stralingsenergie in  $\text{J/cm}^2/30$  is geleverd door het Meteorologisch Instituut van Oostende. Daar enkel de stralingsenergie tussen 400-700 nm bruikbaar is voor de fotosynthese is een correctie van 46% op de globale stralingsenergie genomen, 10% van de globale invallende lichtenergie wordt teruggekaatst (SAUBERER 1962) zodat :

$$\left( \frac{I_0}{x} - 10\% \right) \times 0.46 = I_0' t$$

$I_0' t$  : globale stralingsenergie op tijdstip  $t$

$I_0' t$  : of P.A.R. = photosynthetically available radiation)

De gemiddelde stralingsenergie per maand is uitgedrukt in grafiek :

	gemiddelde stralings- energie / dag ( $\text{J/cm}^2$ )	-10%	46%	P.A.R. $\text{Kcal/m}^2 = \frac{\text{PAR}}{\text{g globaal}}$
januari	241	217	99	236
februari	512	461	212	506
maart	838	754	347	828
april	1430	1287	592	1413
mei	1801	1621	746	1780
juni	1541	1387	638	1523
juli	1870	1683	774	1847
augustus	niet gemeten door KMI			
september	1128	1015	467	1115
oktober	698	628	287	690
november	326	293	135	322
december	212	190	87	208

Zie Grafiek 10.

## 6. Dagelijkse bruto primaire produktie van het fytoplankton

Hiervoor hebben wij gebruik gemaakt van de Vollenweider formule (1965)

$$p = p_{\max} \frac{a_i}{\sqrt{1+(a_i)^2}} \cdot \frac{1}{(\sqrt{1+(a_i)^2})^2}$$

$p$  : primaire produktie bij lichtintensiteit  $I$

$p_{\max}$  : de saturatie produktie bij lichtintensiteit  $I_K$ , zonder dat photo-inhibitie optreedt

$$a_i = I/I_K$$

*$\alpha$  en  $\eta$  = coëfficiënten voor de photo-inhibitie*  
 Daar de lichtintensiteit in de in vitro incubator niet hoog <sup>was een volledige fotosynthese-licht-zakke te bereiken</sup> genoeg is om photoinhibitie te bekomen, kunnen wij de formule onder vereenvoudigde vorm weergeven:

*Voeger door Monod (1977) geïntegreerd gebruikt:*

$$(\text{mg C/m}^2/\text{h}) \quad P = \frac{p_{\max}^{\text{opt}}}{\eta} \cdot \frac{I_{o,t}/I_K'}{\sqrt{1 + (I_{o,t}/I_K' \times 2.6)^2}}$$

$$= \frac{p_{\max}^{\text{opt}}}{\eta} \cdot F$$

waarbij :  $P$  : de produktie is bij lichtintensiteit  $I_{o,t}$

$I_K'$  : lichtintensiteit waarvoor  $p_{\max}^{\text{opt}}$  bereikt wordt

$I_{o,t}$  : licht dat op de oppervlakte terugkomt, na correctie

$\eta$  : extinctie coëfficiënt in de waterkolom

$$(\text{mg C/m}^2/\text{dag}) \quad P_{\text{dag}} = \frac{p_{\max}^{\text{opt}}}{\eta} \cdot \sum \epsilon F_t$$

Resultaten		totaal fyto-plankton			nanoplankton			tot. plankton	
		P <sub>opt</sub> mgC/m <sup>3</sup> /h	I' <sub>K</sub> (J/cm <sup>2</sup> /h)	η	P <sub>opt</sub> mgC/m <sup>3</sup> /h	I' <sub>K</sub>	η	mgC/m <sup>2</sup> /d	
1977									
30.03	35								
31.03									
26.04									
28.04									
23.05	34	3.8	2.5 J/cm <sup>2</sup> /h	0.51	6.2	2.5	0.51	267	443
26.07	Calais	4.4	33 P.A.R./h	0.14	3.6	30	0.14	481	413
05.09	33	1.9	8.5 J/cm <sup>2</sup> /h	0.54	1.72	11	0.54		
07.09	35	0.61	8.9 J/cm <sup>2</sup> /h	0.45	0.45	8.5	0.45		
	34	0.85	9 J/cm <sup>2</sup> /h	0.48	0.92	9	0.48		
08.09	32								
20.09	33								
03.10	33				4.8	4.4	0.30	539	
05.10	31	9.2	4.1 P.A.R./h	0.30			0.61		
18.10	33	14.2	12 P.A.R./h	0.61	3.5	16	0.35		
19.10	Calais	4.5	18 P.A.R./h	0.35	9	10	1.40	59	
21.10	Hansweert	18	16 P.A.R./h	1.40	11	3			
23.10	13	25	5 J/cm <sup>2</sup> /h						

## 7. Productiviteit

De produktiviteit is de verhouding  $\frac{P_{opt}}{B}$  dit geeft de turnover tijd weer van de materie op fytoplankton niveau :

$$\frac{mgC/m^3/h}{mgChla/m^3} = \frac{M.L^{-3}.T^{-1}}{M.L^{-3}} = T^{-1}$$

gem:  $T^{-1}$  is  
gem. turnover tijd  
maakt wel zijn mogelijk  
dwz. een omgekeerd  
aantal

nduidelijk:  
niet- of gekwant  
in gemiddelde in  
berekeningen?  
v. normalisatie  
een zeker  
indikator (temperatuur)  
kan niet: overbodig

Volgens de wet van "Van 't Hoff" verdubbeld het metabolisme bij een temperatuurstijging van 10°C (Q10), zodoende geeft dit de fysiologische toestand van het fytoplankton weer, die afhangt van het milieu, dus o.a. pollutieafhankelijk is.

Resultaten		Tot		Nanno		Tot.	Nano
dat	Pt	P <sub>opt</sub>	Chla (P.S.)	P <sub>opt</sub>	Chla (P.S.)	$\frac{P_{opt}}{Chla}$	$\frac{P_{opt}}{Chla}$
07-09	35	0.61	3.99	0.45	0	0.16	
07.09	34	0.85	3.23	0.91	2.47	0.26	0.37
08.09	31		1.33		0.59		
20.09	33	1.30	1.55	1.04	1.69	0.83	0.61
03.10	33	0.98	1.76	0.69	1.87	0.56	0.37
05.10	31	8.6	1.64	4.8	1.07	5.2	4.4
18.10	33	14.4	4.005		1.27	3.6	
19.10	Calais	4.5	0.54	3.5	0.40	8.3	8.8
21.10	Hansw.	18.1	1.87	9.5	0.8	9.6	11.8
23.11	13	25	6.00	12	4.00	4.1	3

Een seizoenvariatie valt op te merken in de produktiviteit nl. in september zien we een lage produktiviteit, daarentegen stijgt de produktiviteit in oktober, hetgeen in correlatie kan gebracht worden met de herfstbloom in deze maand. Het is niet duidelijk af te leiden uit deze resultaten of er al of niet een produktiviteitsverschil optreedt tussen totaal en nanoplankton.

*aflijkt misschien  
ter uit een  
gelijking tussen  
fpl. en nanopl.*

#### 8. Invloed van aanrijking van nutriënten op de primaire produktie

- De fotosynthese wordt niet alleen gecontroleerd door het licht, maar eveneens door verscheidene nutriënten, ook door temperatuur, pH, saliniteit, enz. Blackman (1905) postuleerde dat de mate van fotosynthese stijgt met een stijging en waarde met gelijk welke van deze factoren ( $F_1$ ), zolang dat de essentiële factor niet limiterend was, en dat het afhankelijk bleef van  $F_1$ , wanneer één van de andere  $F_2$ ,  $F_3$  ... limiterend werden.

In ons geval hebben we de invloed van licht en nutriëntenconcentratie op de fotosynthese nagegaan. Onze kurven zijn van het Blackman-type (zie graf. 11-12). Als nutriënt werd nitraat bestudeerd, daar dit een belangrijk metaboliet is, en daar hun concentratie doorgaans als beste limiterend werkt op de primaire produktie.

- De tempo van nutriënt opname is afhankelijk van de concentratie in het milieu. Eveneens is de fytoplankton populatie evenredig met de initieele concentratie van het limiterend nutriënt, en is het afhankelijk van de groeiritme van het fytoplankton (Ketchum 1939). De nutriënt opname verloopt volgens een Michaëlis - Menten kinetiek nl :

$$v = \frac{V_m \cdot S}{K_S + S}$$

$v$  : tempo van nutriënt opname

$V_{\max}$  : max snelheid van nutriënt opname

$K_S$  : substraat concentratie voor  $v = V_m/2$

$S$  : nutriënt concentratie

Hoe lager  $K_s$ , hoe lager de nutriënt concentratie  
waarbij een populatie 'nog' doeltreffend kan groeien, 13.  
dus hoe hoger zijn kompetitiviteit.

slecht  
uitgebalanceerd

$K_s$  geeft de mogelijkheid weer van een species om lage nutriënt concentratie op te nemen, (dus dit correspondeert met de minimum nutriënt concentratie waarbij een species nog kan groeien.)

#### Methode :

Aan 4 x 50 ml staal wordt 1 ml  $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ -oplossing  $10 \mu\text{ci}$  toegevoegd. Hierna wordt een welgekozen hoeveelheid van een geconcentreerde  $\text{NO}_3^-$ -oplossing ( $\text{NaNO}_3$ ) aan de stalen toegevoegd, zodat de uiteindelijk bekomen concentraties respectievelijk 5, 10, 15 en  $20 \mu\text{-mol NO}_3^-$  hoger liggen dan de natuurlijke concentratie  $\text{NO}_3^-$  van het zeewater. De BOD flesjes werden geïncubeerd op verschillende licht-intensiteiten. Na de incubatie worden de stalen verwerkt zoals een primaire produktie proef.

#### Resultaten : grafiek 11-12.

- De aanrijgingsproeven vertonen een duidelijk effect op de primaire produktie.
- Het moet echter verder nagegaan worden, of deze grafieken wel degelijk met een Michaëlis - Menten wet overeenkomen, en of er een vermenigvuldiging van licht- en nutriënten effecten zich voordoet.

Hetzij nog opgemerkt dat de concentratie van het zeewater voor oktober '77 overeenkomt met  $200 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{l}$  (Mommaerts & '77).

Elke

(zie tabel 6)

#### 9. Excretie problematiek

Tijdens de routine kruisvaarten werd naast de primaire produktie ook de excretie van het fytoplankton bepaald. Hiervoor werd een 50 ml staal waaraan 1 ml  $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$   $10 \mu\text{ci}$  toegevoegd is, gedurende 2 uur geïnkubeerd afhankelijk van de incubatie die plaats had voor de primaire produktie bepaling, gefiltreerd onder zachte druk (50 mm Hg) op een millipore filter  $0.6 \mu$ . Dit filtraat werd verder behandeld zoals beschreven op p. 7.

minnelijk  
in § methodiek

Uit de resultaten van excretie vermeld in Tech. Report ... 1977/Biol. zien we dat de excretie niet beïnvloed wordt door de <sup>↑</sup>lichtintensiteit en dat deze in het donker ongeveer dezelfde waarde aannemen als deze in het licht (zie Calais). In Oostende is de excretie in het donker zelfs merkkelijk hoger dan deze in het licht. Indien wij in dit geval de excretie die in het donker plaats heeft zouden aftrekken van de excretie in het licht, zouden wij telkens een negatieve waarde voor de excretie bekomen.

Wanneer we het percentage van het geexcreteerd materiaal nagaan t.o.v. de partikulaire primaire produktie, is het eveneens zeer moeilijk hiervoor een interpretatie te geven. Wel kan gezegd worden dat het percent geexcreteerd door het totaal fytoplankton te Oostende, lager ligt dan dit in Calais.

<u>lichtintensiteit</u>	<u>Oostende</u>	<u>Calais</u>	<u>Hansweert</u>
80%	19%	90%	22%
45%	36%	98%	10%
25%	33%		16%

De resultaten van andere kruisvaarten vertonen dezelfde variërende percentages. Ons verder onderzoek spitst zich vooral toe op de excretiebepaling in functie van de tijd, bij een overgang van een lichtfase naar een donkerfase.

De proeven tot nu toe uitgevoerd, laten vermoeden dat er geen verschil in excretie plaatsgrijpt bij een overgang van een 3 uur durende lichtfase naar een 3 uur durende donkerfase. Verder onderzoek wordt op dit terrein uitgevoerd.

Het weze nog opgemerkt dat andere onderzoekers zoals SHARP, het verschijnsel excretie bij fytoplankton in twijfel trekken.

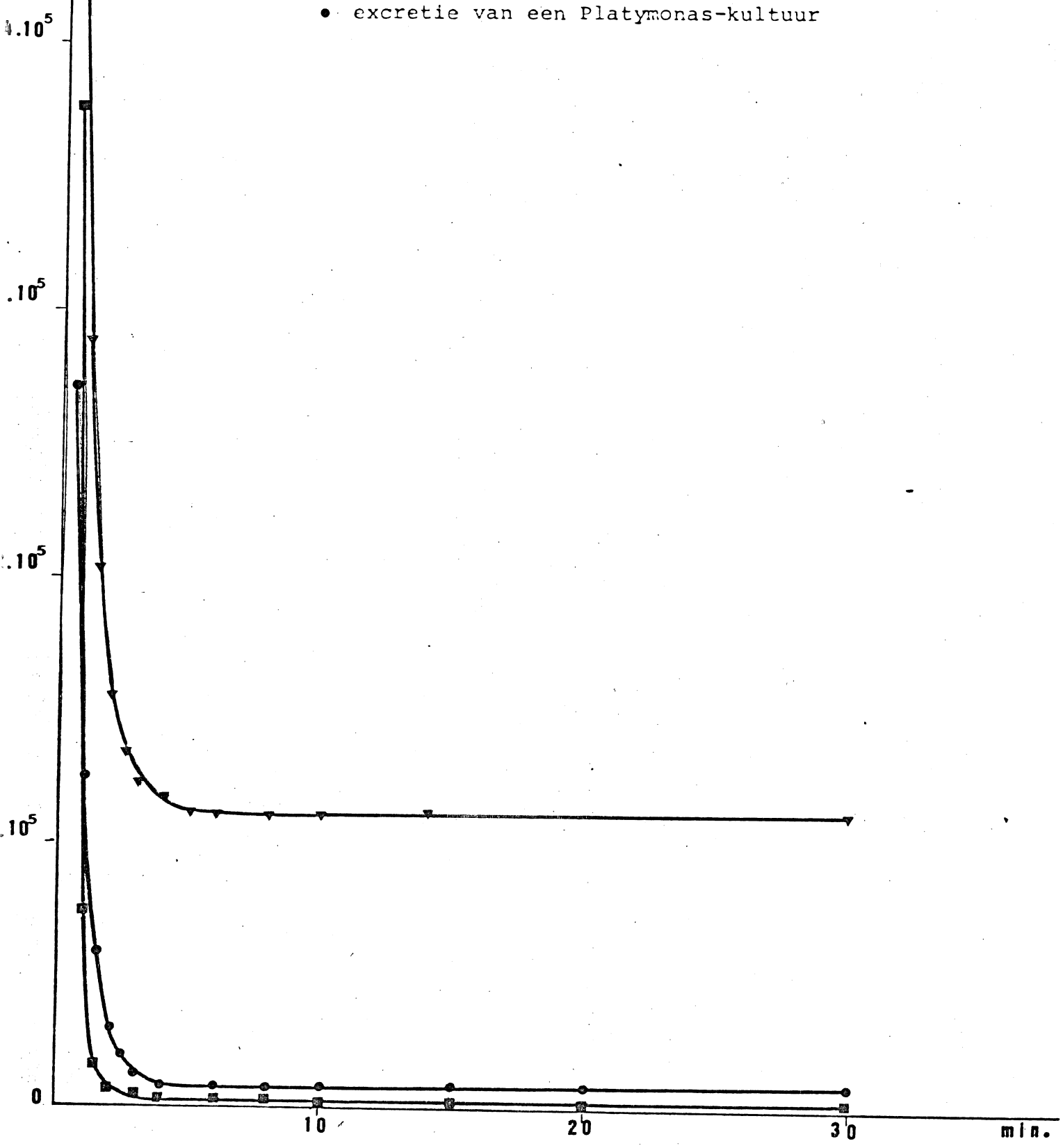
→ dus, besluit: is er consistentie of overeenstemming met de bekomen resultaten? Wat denkt u ervan?

3.10<sup>5</sup> c.p.m

*synthese  
van  
koolstof*

Bubblingssynthesieken in functie van de tijd

- NaH<sup>14</sup>CO<sub>3</sub> in steriel zeewater
- ▼ totale primaire produktie van een Platymonas-kultuur
- excretie van een Platymonas-kultuur



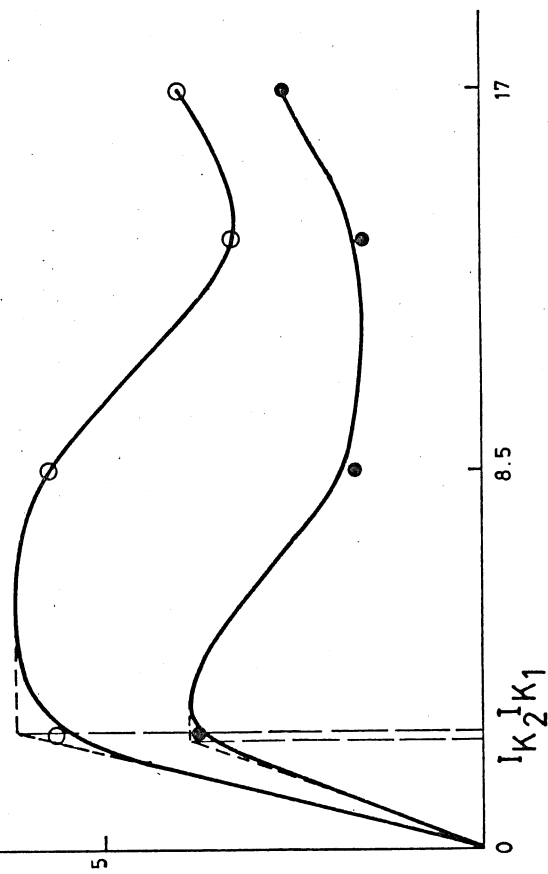
grafiek 1



MEI 1977

mg C/m<sup>3</sup>/h  
T.P.P.  
23.5.77  
pt. 34  
vitro

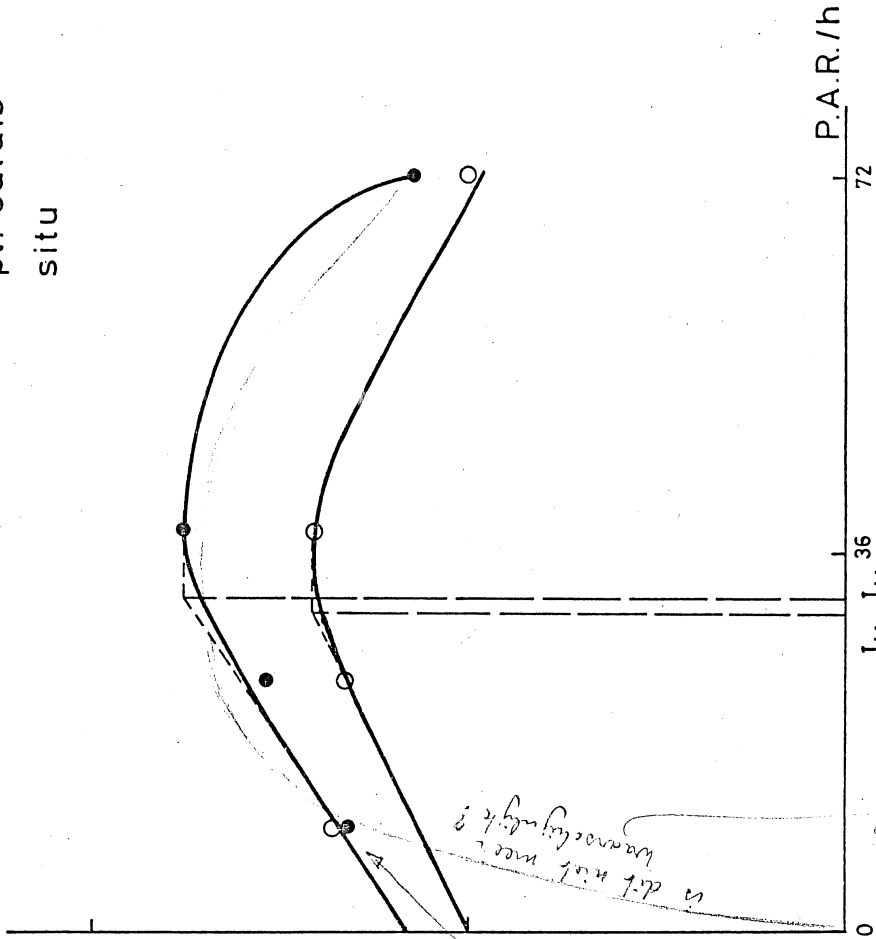
T.P.P. : totale primaire produktie  
= partikulaire produktie + excretie  
P.P.P. : partikulaire primaire produktie  
 $I_{k_1}$  :  $I_k$  van de totale primaire produktie  
 $I_{k_2}$  :  $I_k$  van het nanoplancton



JULI 1977

26-7-77  
pt. Calais  
situ

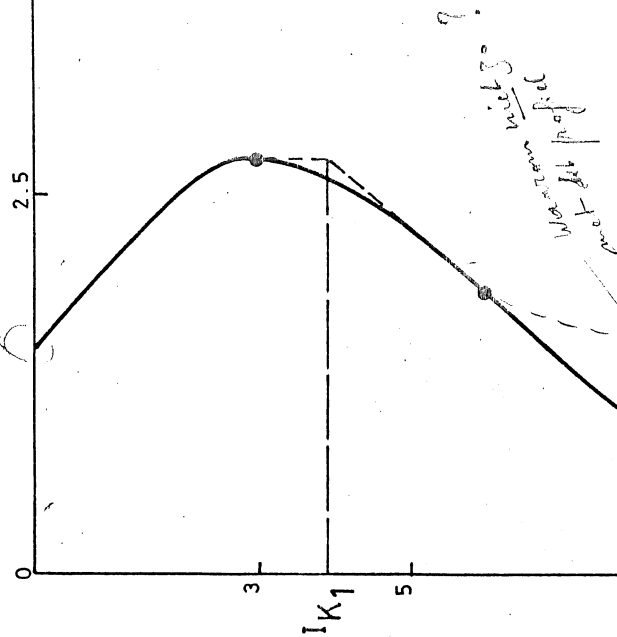
mgC/m<sup>3</sup>/h  
P.P.P.



mgC/m<sup>3</sup>/h  
P.P.P.

26-7-77  
pt. Calais  
situ

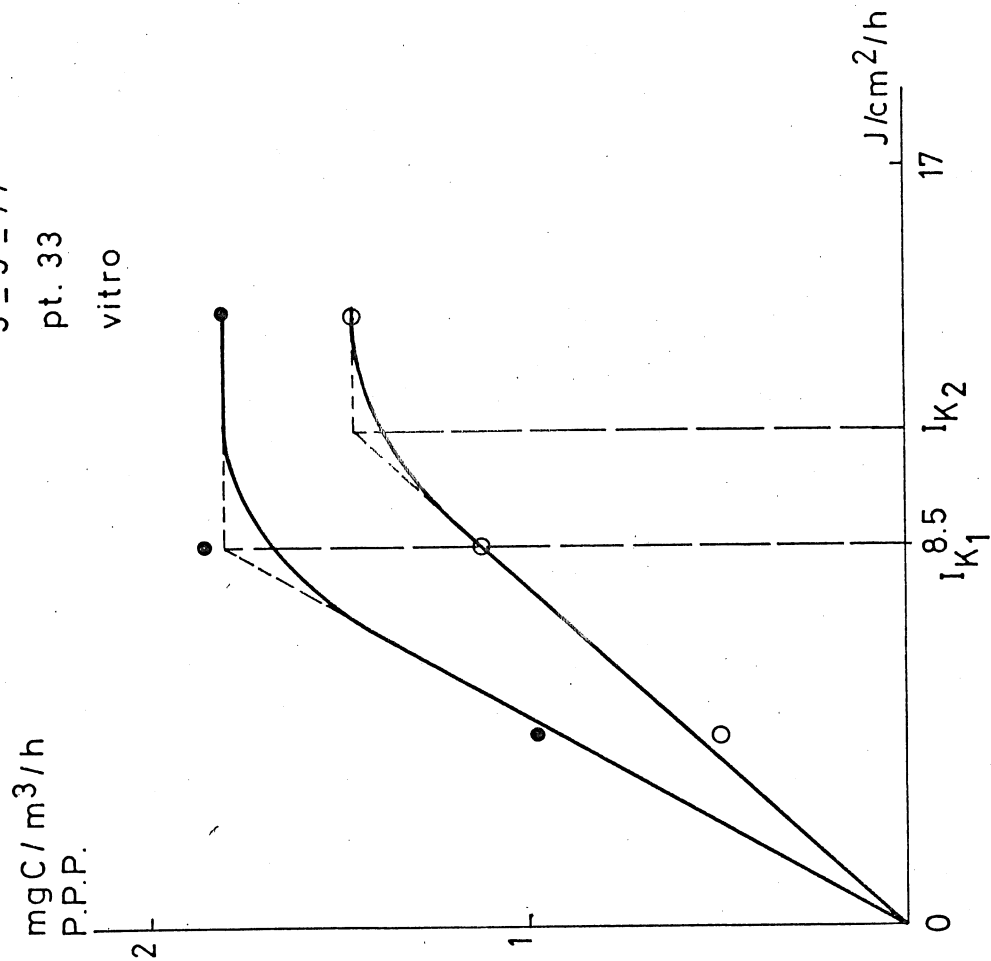
in dit niet meer waarschijnlijk?



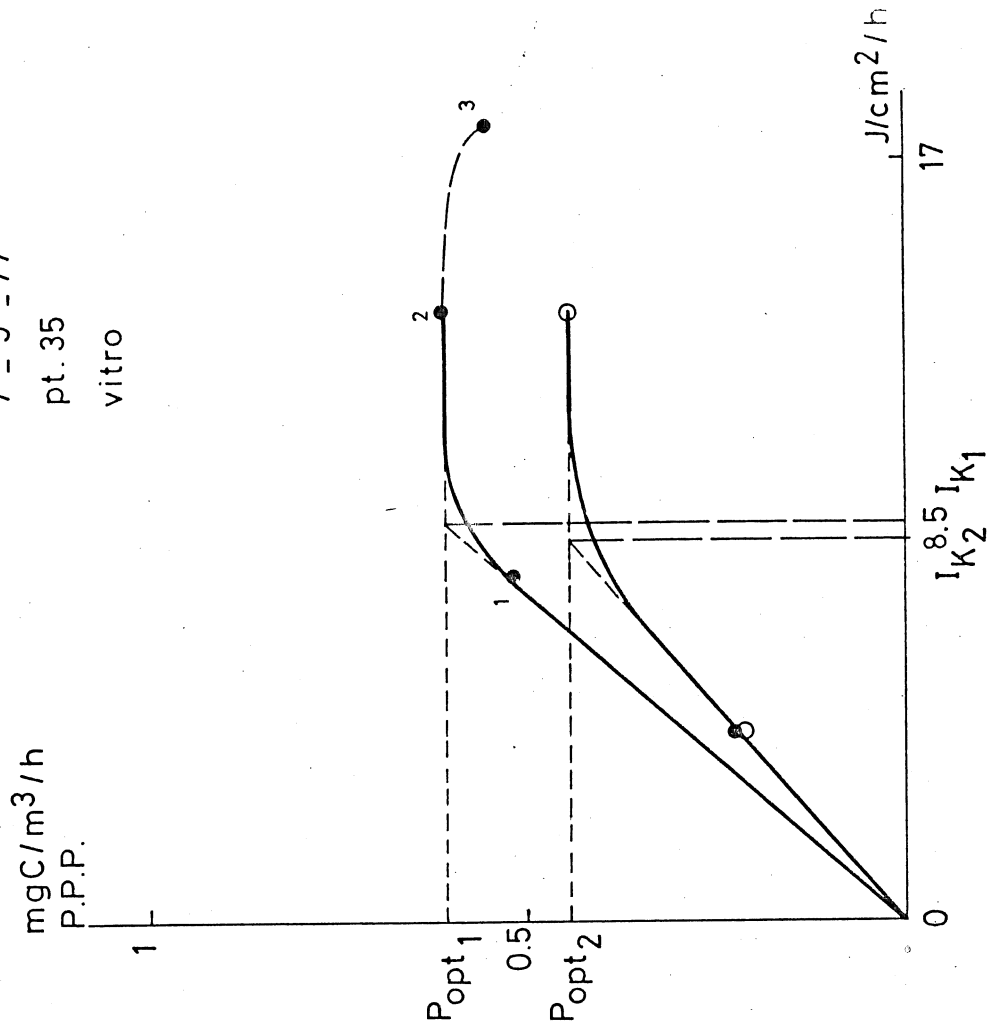
en dit  
implicent  
een ander IK  
→ een ander productie/dag

SEPTEMBER 1977

5 - 9 - 77  
pt. 33  
vitro

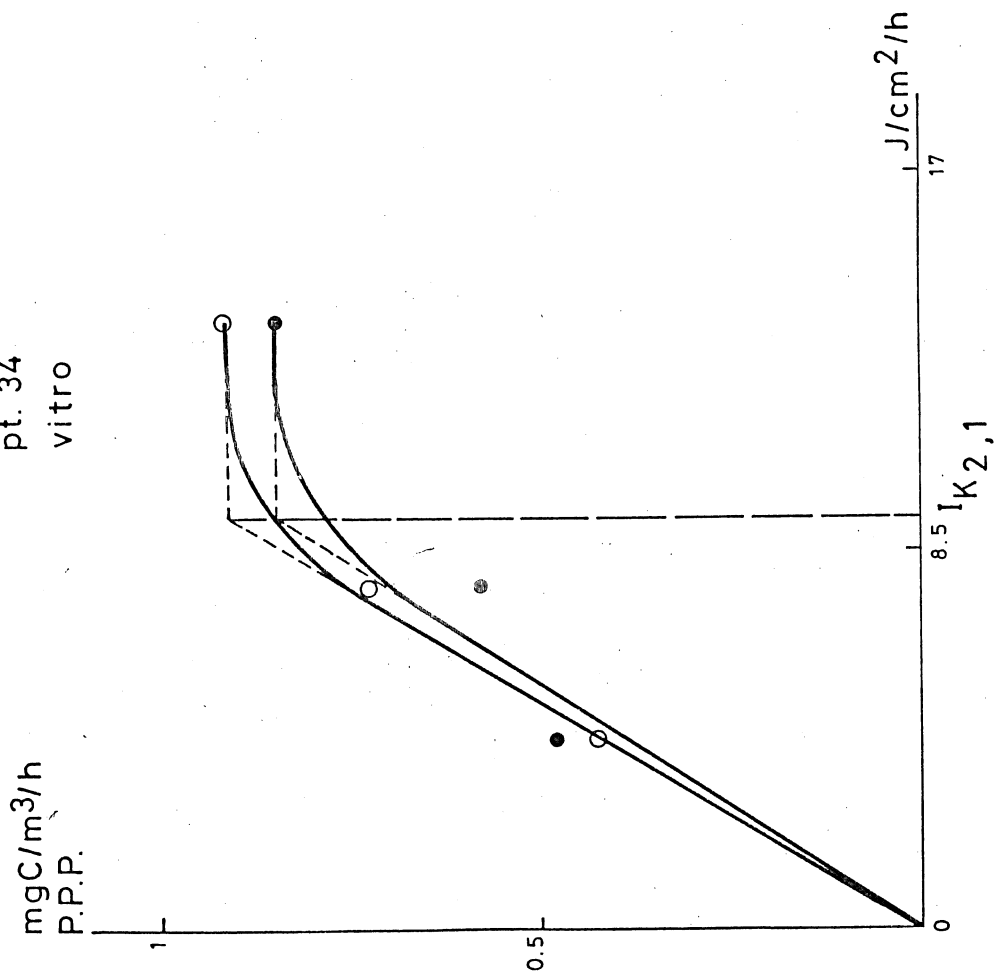


7 - 9 - 77  
pt. 35  
vitro

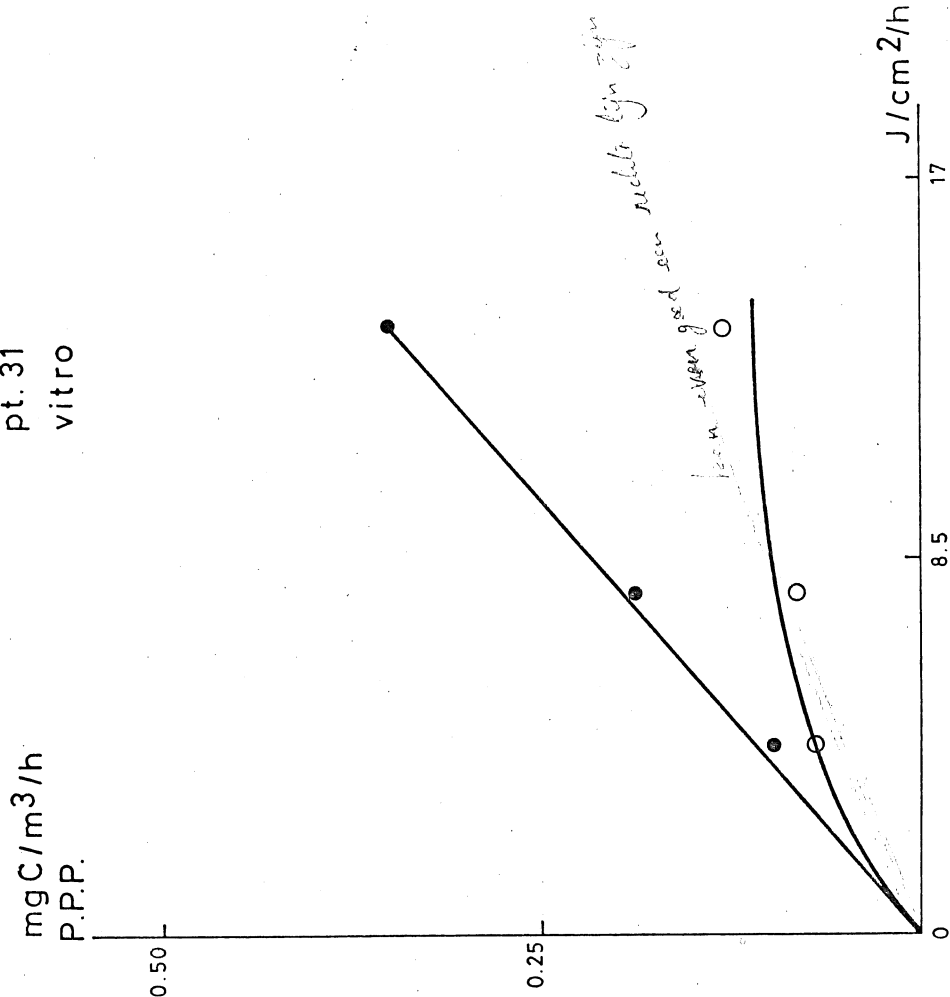


SEPTEMBER 1977

7 - 9 - 77  
pt. 34  
vitro



8 - 9 - 77  
pt. 31  
vitro



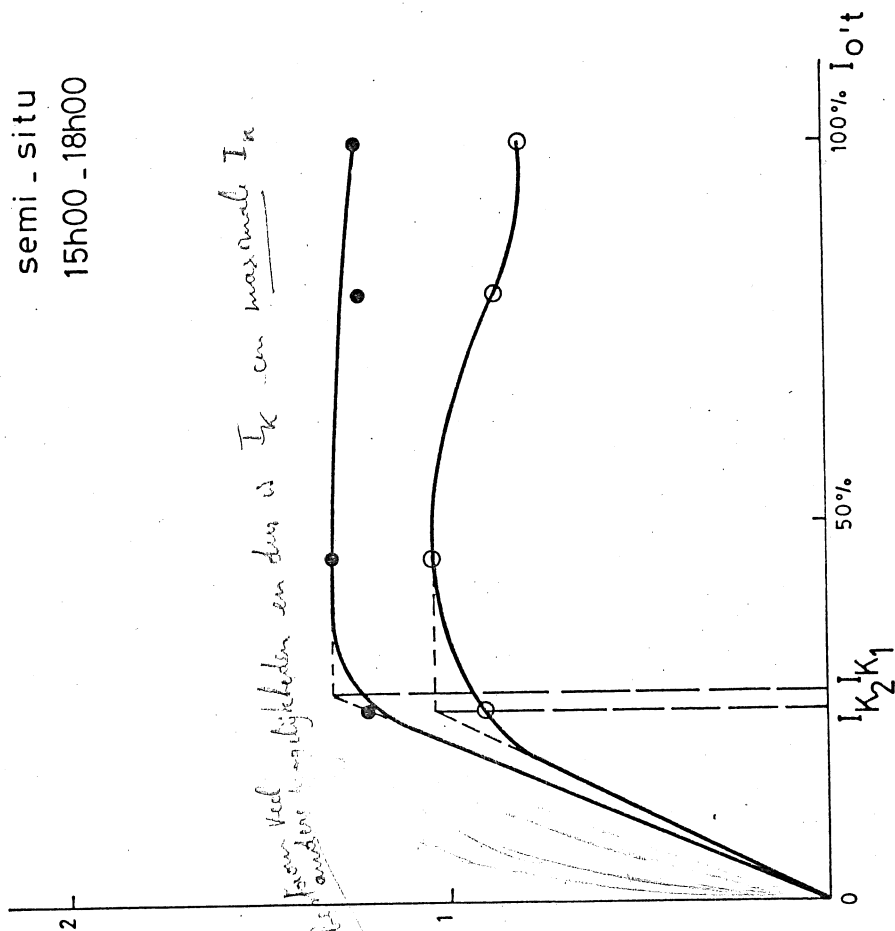
SEPTEMBER 1977

20 - 9 - 77  
pt. 33  
semi\_situ  
15h00 - 18h00

mg C / m<sup>3</sup> / h  
P.P.P.

Hier wordt de  
diffusiecoëfficiënt  
veranderd  
om de korrel  
grootte te  
veranderen

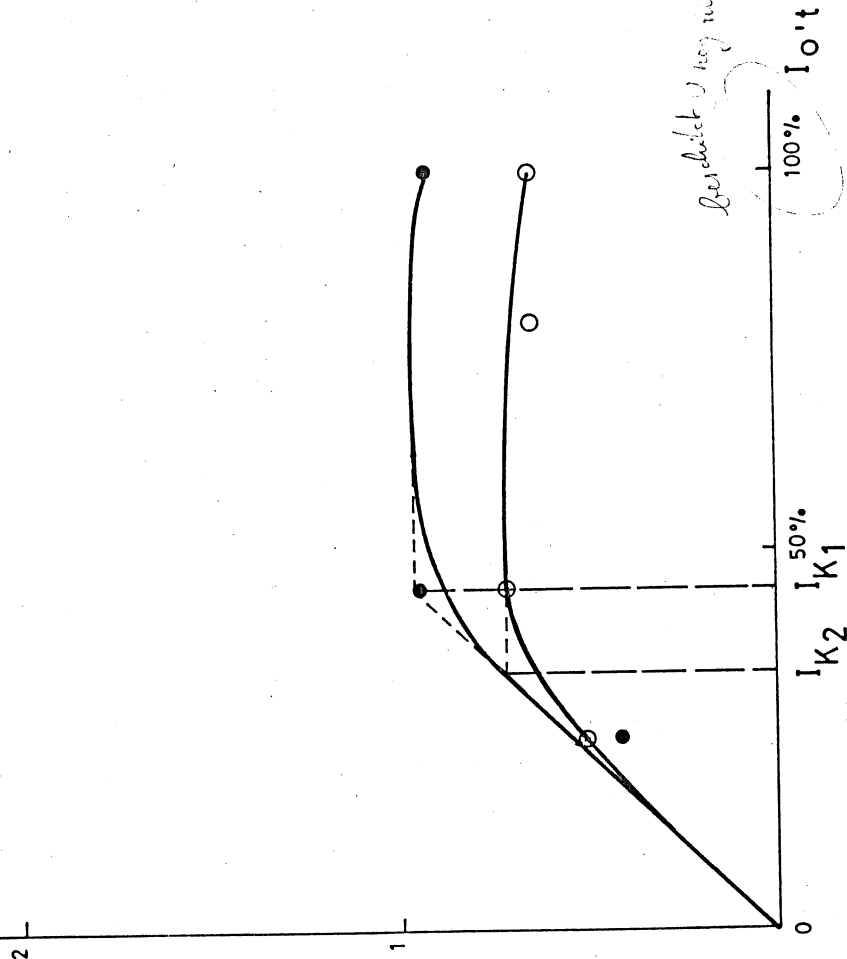
Ik kan veel mogelijkheden zien dat is  $I_K$  een maximale  $I_K$



# OKTOBER 1977

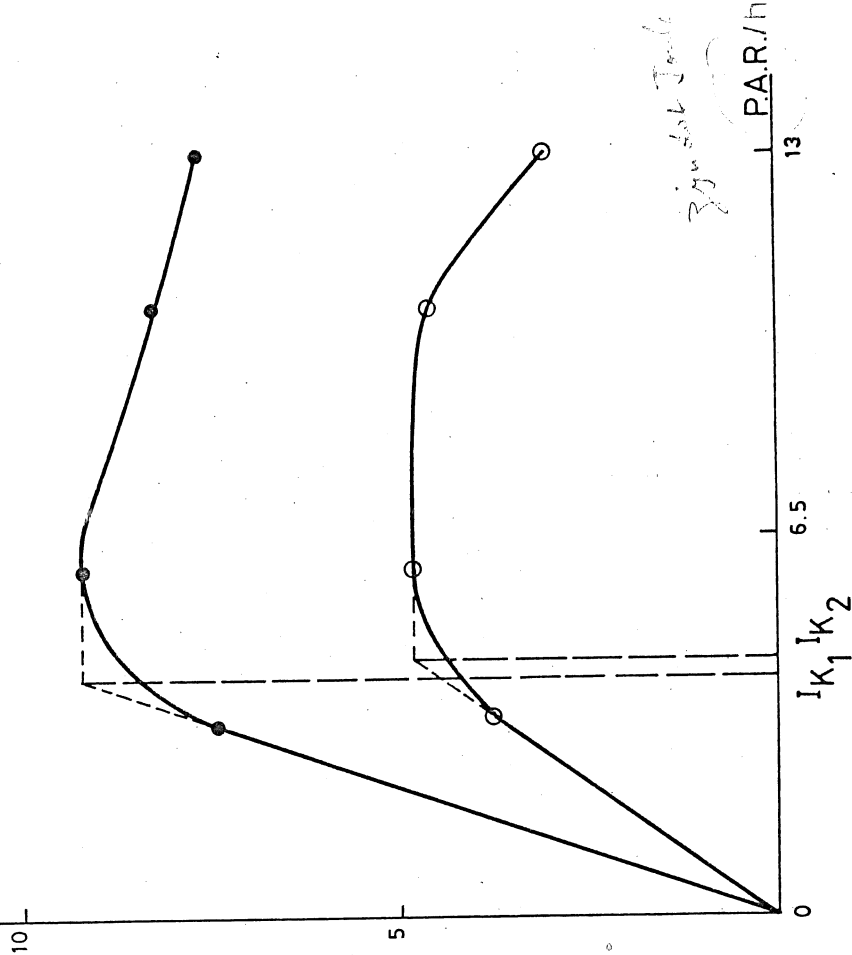
3 - 10 - 77  
pt. 33  
semi - situ  
18h 20 - 19h 20

mgC / m<sup>3</sup> / h  
P.P.P.



5 - 10 - 77  
pt. 31  
semi - situ  
13h 40 - 16h 40

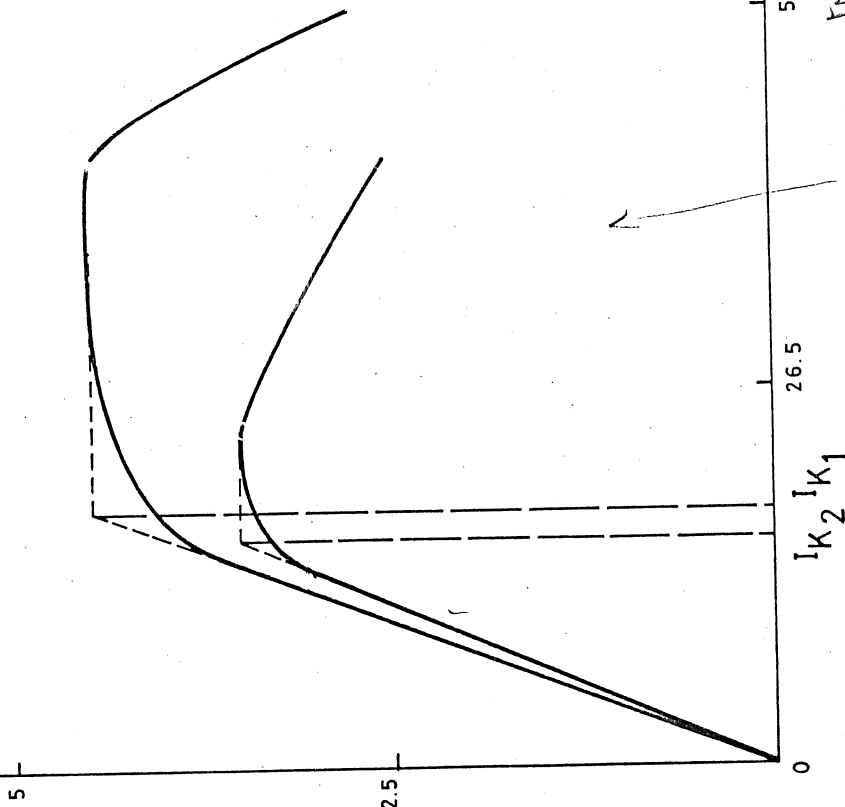
mgC / m<sup>3</sup> / h  
P.P.P.



# OKTOBER 1977

19 - 10 - 77  
pt. Calais  
semi - situ  
11h 25 - 14h 25

mgC / m<sup>3</sup> / h  
P.P.P.



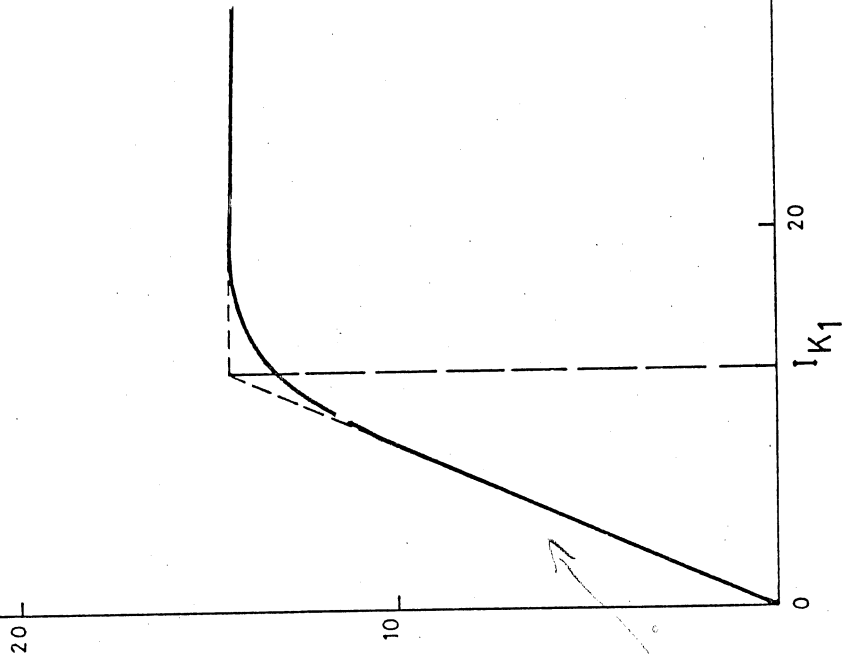
*van deuren?*

P.A.R./h

*aan deuren  
aan deuren  
aan deuren*

18 - 10 - 77  
pt. 33  
semi - situ  
11h 45 - 16h 13

mgC / m<sup>3</sup> / h  
P.P.P.



*aan deuren?*

P.A.R./h

OKTOBER 1977

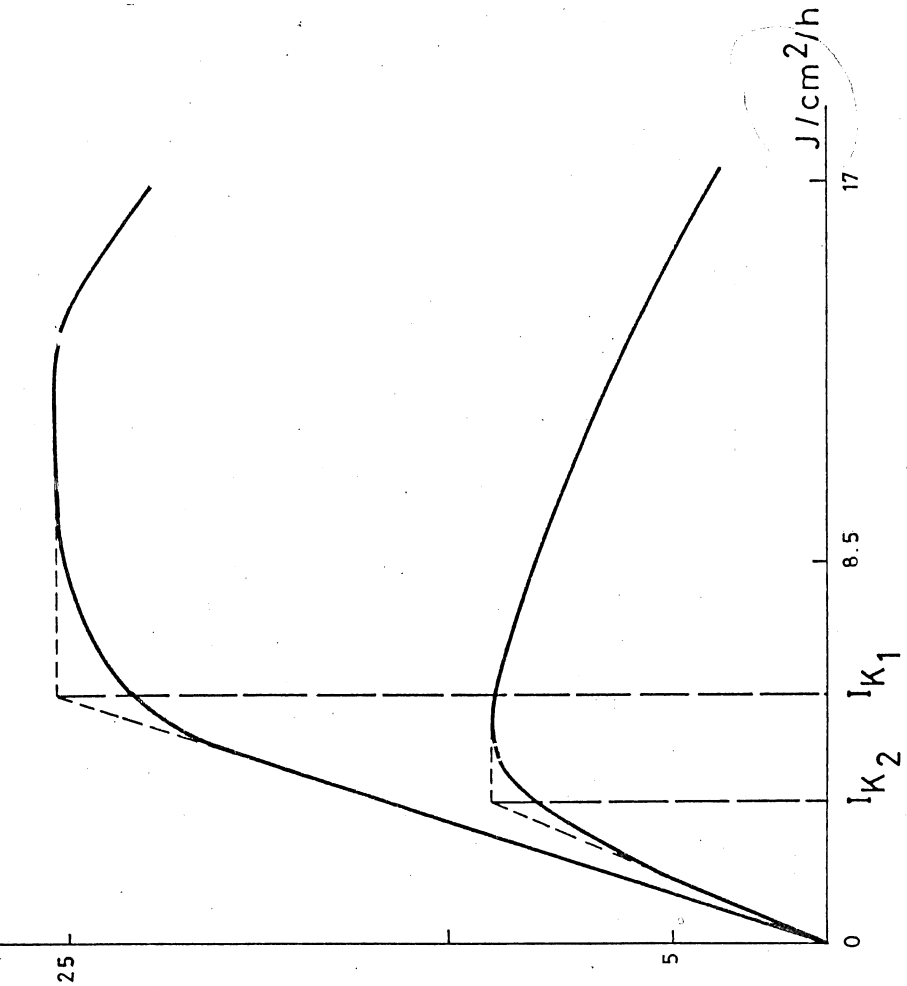
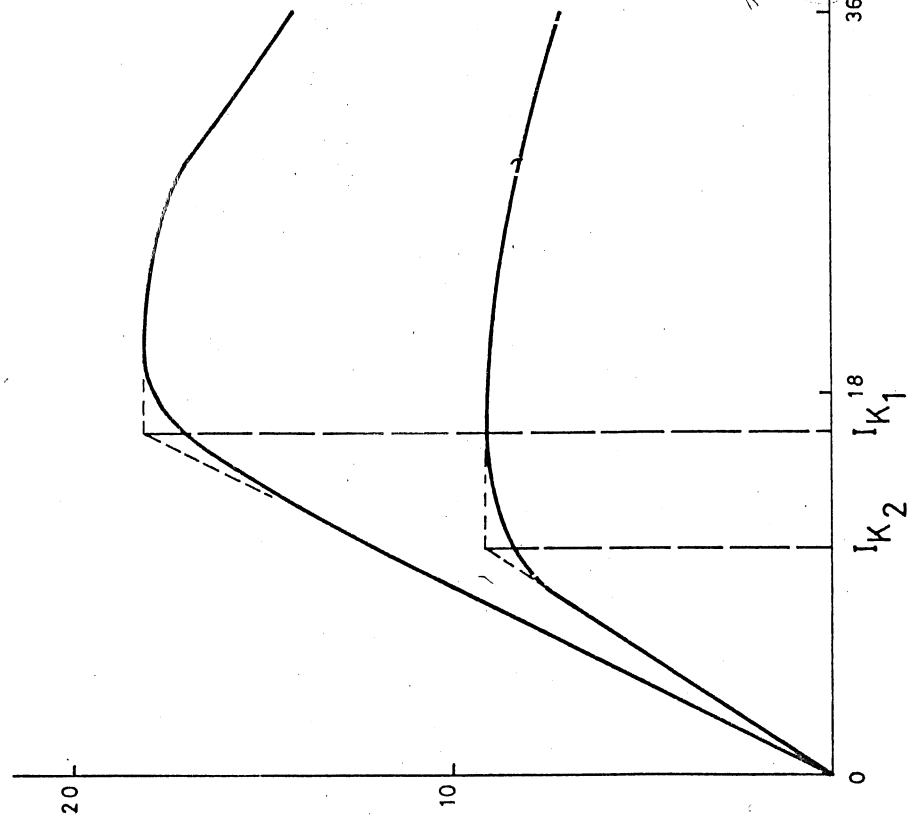
NOVEMBER 1977

21-10-77  
pt. Hansweert  
semi\_situ  
10h 30 - 13h 30

23-11-77  
pt. 13  
vitro

mgC / m<sup>3</sup> / h  
P.P.P.

mgC / m<sup>3</sup> / h  
T.P.P.



*Joules?*  
P.A.R. / h  
Experimentele punten a.v.b.  
o. de fotochemie



1977  
maand  
J  
F  
M  
A  
M  
J  
J  
A  
S  
O  
N  
D

*dagelijkse*

J/cm<sup>2</sup>/gemid. dag

1000

maand

D

N

O

S

A

J

J

M

A

M

F

J

